

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: MIN-HO KIM;JUNG-MIN CHOI; and JONG-WHA CHONG
Application No.: NEW
Filed: January 16, 2004
For: METHOD AND CIRCUIT FOR UPDATING A TAP COEFFICIENT
OF A CHANNEL EQUALIZER

PRIORITY LETTER

January 16, 2004

COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Dear Sirs:

Pursuant to the provisions of 35 U.S.C. 119, enclosed is/are a certified copy of the following priority document(s).


<u>Application No.</u>	<u>Date Filed</u>	<u>Country</u>
10-2003-0004023	January 21, 2003	REPUBLIC OF KOREA

In support of Applicant's priority claim, please enter this document into the file.

Respectfully submitted,

HARNESS, DICKY, & PIERCE, P.L.C.

By



John A. Castellano, Reg. No. 35,094
P.O. Box 8910
Reston, Virginia 20195
(703) 668-8000

JAC:jj



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 10-2003-0004023
Application Number

출원년월일 : 2003년 01월 21일
Date of Application
JAN 21, 2003

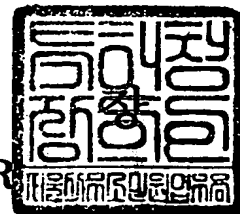
출원인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 05 월 28 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0021
【제출일자】	2003.01.21
【국제특허분류】	H04L
【발명의 명칭】	채널 등화기의 계수 갱신방법 및 계수 갱신 회로
【발명의 영문명칭】	Method of updating channel equalizer coefficients and coefficient update circuit using the same
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	2003-003435-0
【대리인】	
【성명】	정상빈
【대리인코드】	9-1998-000541-1
【포괄위임등록번호】	2003-003437-4
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김민호
【성명의 영문표기】	KIM,Min Ho
【주민등록번호】	690821-1709413
【우편번호】	442-470
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 황골마을@ 122-301
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최정민
【성명의 영문표기】	CHOI,Jung Min
【주민등록번호】	740831-1231716

【우편번호】	135-921
【주소】	서울특별시 강남구 역삼2동 774-42 402호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정정화
【성명의 영문표기】	CHONG, Jong Wha
【주민등록번호】	500310-1455015
【우편번호】	135-110
【주소】	서울특별시 강남구 압구정동 433 현대@ 111-1203
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이영필 (인) 대리인 정상빈 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	8 면 8,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	12 항 493,000 원
【합계】	530,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

발산을 방지하면서 계산량을 감소시킬 수 있는 채널 등화기의 탭 계수 갱신방법 및 탭 계수 갱신회로가 제공된다. 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수 갱신방법은 상기 채널등화기의 에러가 가시 임계값의 범위내로 수렴하는지의 여부를 판단하는 단계; 및 상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하는 경우, 최소 평균 자승 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고, 상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하지 않는 경우, 제어신호에 응답하여 상기 최소 평균 자승 알고리즘 또는 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 단계를 구비한다. 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 단계는 상기 제어신호가 훈련신호인 경우, 상기 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고, 상기 제어신호가 상기 훈련신호가 아닌 경우, 상기 최소 평균 자승 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신한다.

【대표도】

도 3

【색인어】

채널 등화기, 탭 계수 갱신

【명세서】

【발명의 명칭】

채널 등화기의 계수 갱신방법 및 계수 갱신 회로{Method of updating channel equalizer coefficients and coefficient update circuit using the same}

【도면의 간단한 설명】

본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1a는 종래의 에리 코우베어리언스 매트릭스의 메모리 구조를 나타낸다.

도 1b는 본 발명의 실시예에 따른 에리 코우베어리언스 매트릭스의 메모리 구조를 나타낸다.

도 2는 본 발명에 따른 채널 등화기의 블록도를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 채널 등화기의 계수 갱신방법을 나타내는 흐름도이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<6> 본 발명은 채널 등화기의 계수 갱신방법 및 계수 갱신회로에 관한 것으로, 보다 상세하게는 칼만(Kalman) 알고리즘 및 최소 평균 자승(least mean square; LMS) 알고리즘을 선택적으로 사용하여 채널 등화기의 계수를 갱신할 수 있는 계수 갱신방법 및 계수 갱신회로에 관한 것이다.

- <7> 채널 등화(channel equalization)는 디지털 통신 시스템에 일반적으로 사용되는 신호 처리기술이다. 채널 등화의 기본적인 목적은 채널 노이즈, 채널 왜곡, 다중경로간섭 및 멀티-유저간섭으로부터 통신 시스템의 성능을 향상시키기 위한 것이다.
- <8> 채널 등화기는 가전기기, 예를 들어 디지털 TV 및 개인 통신 시스템들에서 사용되며, 상기 가전기기에 사용되는 다양한 등화기들은 입력신호 대 잡음비를 증가 시키고, 입력신호의 심볼 에러율을 감소시킨다.
- <9> 개선된 텔레비전 시스템 위원회(Advanced Television Systems Committee; ATSC)는 디지털 고선명 텔레비전(High Definition Television; HDTV)에 관한 표준을 제공한다.
- <10> 2001년 8월 7일의 ATSC 문서 A53B는 디지털 텔레비전에 대한 승인된 표준을 서술하며, 1995년 10월 4일의 ATSC 문서 A54는 이 표준의 이용에 대한 지시들을 제공한다.
- <11> 이러한 표준은 지상 방송, 케이블, 또는 위성 채널을 통해 송신된 비디오 신호들에 통합된 특정한 트레이닝 순차들을 열거한다. ATSC 문서 A54는 채널 왜곡들을 보상하도록 등화기의 필터 응답을 적응시키는 방법을 개시한다.
- <12> 이러한 공지된 방법에서, 등화기가 첫번째로 시작되어질 때, 등화기의 계수들은 대개 채널 왜곡들을 보상하도록 설정되지 않는다. 등화기 계수들의 수렴을 강제하기 위해, 공지된 원래의 트레이닝 순차가 송신된다. 에러 신호는 적응 등화기의 출력으로부터 트레이닝 순차의 국부적으로 발생된 복사본(a locally generated copy of the training sequence)을 감산하여 형성된다. 계수들은 에러 신호를 최소화하도록 설정되고, 등화기의 트레이닝 순차와의 적응 후에, 등화기는 입력신호의 필터링을 위해 이용된다

- <13> 통상적인 채널 등화방법으로 선형 필터를 사용한다. 그러나, 통신 채널에 의한 임펄스 노이즈와 비선형 왜곡을 효과적으로 제거하고 등화기의 성능을 향상시키기 위해서 되먹임의 형태를 갖는 비선형 필터를 사용하고 있다.
- <14> 등화기의 탭 계수 갱신 알고리즘으로 구조가 간단하고 계산량이 적은 최소 평균 자승 알고리즘(least mean square; LMS)이 사용되고 있다.
- <15> 최소평균자승(LMS)알고리즘은 느린 수렴 속도를 갖는 반면에 낮은 계산량을 갖는다. 점차적으로 통신전송 속도가 빨라지고 긴 지연을 갖는 다중경로 환경에 적합한 등화기를 구현하기 위해서 짧은 훈련신호(training signal)동안 빠른 수렴특성을 갖는 채널 등화기가 필요하게 되었다.
- <16> 빠른 수렴 특성을 갖는 알고리즘 중 대표적인 알고리즘이 칼만 알고리즘이다. 칼만 알고리즘은 강력한 성능에도 불구하고 높은 계산량을 필요로 하므로 실제 통신 시스템의 적용에는 많은 한계가 있다. 그러나 하드웨어의 급속한 발전으로 칼만 알고리즘의 사용이 많이 대두되고 있다.
- <17> 그러나 칼만 알고리즘의 높은 계산량 및 발산문제는 여전히 문제가 되고 있고, 최적의 채널 등화를 실행하기 위해 효과적으로 칼만 알고리즘의 계산량을 줄이는 방법이 필요하다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <18> 따라서 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 발산을 방지하면서 계산량을 감소시킬 수 있는 채널 등화기의 탭 계수 갱신방법 및 탭 계수 갱신회로를 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

- <19> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수 갱신방법은 상기 채널등화기의 에러가 가시 임계값의 범위내로 수렴하는지의 여부를 판단하는 단계; 및 상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하는 경우, 최소 평균 자승 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고, 상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하지 않는 경우, 제어신호에 응답하여 상기 최소 평균 자승 알고리즘 또는 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 단계를 구비한다.
- <20> 상기 수렴하는지의 여부를 판단하는 단계는 상기 채널등화기의 에러의 제곱과 상기 가시 임계값의 대소의 여부로 판단한다.
- <21> 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 단계는 상기 제어신호가 훈련신호인 경우, 상기 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고, 상기 제어신호가 상기 훈련신호가 아닌 경우, 상기 최소 평균 자승 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신한다.
- <22> 상기 에러는 상기 채널 등화기의 출력신호 및 훈련신호의 차이 또는 상기 에러는 상기 채널 등화기의 출력신호 및 상기 채널 등화기의 출력신호를 소정의 값으로 결정하는 결정회로의 출력신호의 차이이다.
- <23> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수 갱신회로는 수신된 상기 채널등화기의 에러가 가시 임계값의 범위내에서 수렴하는지의 여부를 판단하는 수렴조사 비교기; 및 상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하

는 경우, 최소 평균 자승 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고, 상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하지 않는 경우, 제어신호에 응답하여 상기 최소 평균 자승 알고리즘 또는 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 갱신회로를 구비한다.

<24> 상기 갱신회로는 상기 제어신호가 훈련신호인 경우, 상기 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고, 상기 제어신호가 상기 훈련신호가 아닌 경우, 상기 최소 평균 자승 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신한다.

<25> 상기 갱신회로가 상기 최소 평균 자승 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 경우, 상기 채널 등화기의 탭 계수는 다음의 수학식에 의하여 갱신되는 것을 특징으로 하는 탭 계수 갱신회로;

<26>
$$c(n)=c(n-1)+\mu e(n)y(n)$$

<27> 여기서 $c(n)$ 은 갱신된 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, $c(n-1)$ 은 갱신되기 직전의 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, μ 는 스텝 사이즈를 나타내고, $e(n)$ 은 상기 채널 등화기의 에러를 나타내고, $y(n)$ 은 상기 채널 등화기로 입력되는 데이터를 나타낸다.

<28> 상기 갱신회로가 상기 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는, 상기 채널 등화기의 탭 계수는 다음의 수학식에 의하여 갱신되는 것을 특징으로 하는 탭 계수갱신방법;

<29>
$$c(n)=c(n-1)+K(n)e(n)$$

- <30> 여기서 $c(n)$ 은 갱신된 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, $c(n-1)$ 은 갱신되기 직전의 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, $K(n)$ 은 칼만이득 벡터를 나타내고, $e(n)$ 은 상기 채널 등화기의 에러를 나타낸다.
- <31> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수갱신 회로는 상기 채널등화기의 출력신호를 소정의 값으로 결정하는 슬라이서; 제어신호에 응답하여 상기 탭 계수가 갱신된 상기 채널 등화기의 출력신호로서 상기 슬라이서의 출력 신호 또는 훈련신호를 출력하는 선택회로; 상기 선택회로의 출력신호로부터 상기 채널등화기의 출력신호를 감하는 감산기; 가시 임계값 및 상기 감산기의 출력신호를 비교하고, 그 비교결과를 출력하는 수렴조사 비교기; 상기 제어신호 및 상기 수렴조사 비교기의 비교결과를 디코딩하고, 디코딩된 신호를 출력하는 디코더; 및 상기 디코더의 출력신호에 응답하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 갱신회로를 구비하며, 상기 갱신회로는 상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하는 경우 최소 평균 자승 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고, 상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하지 않고 상기 제어신호가 훈련신호인 경우 상기 칼만 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고, 상기 제어신호가 상기 훈련신호가 아닌 경우 상기 최소 평균 자승 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신한다
- <32> 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

- <33> 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- <34> 최소 평균자승 알고리즘(LMS)은 낮은 계산량과 안정성을 갖는다는 장점이 있으나, 수렴속도가 느리다는 단점이 있다. 최소 평균자승 알고리즘을 적용하는 채널 등화기의 에러($e(n)$) 및 갱신된 채널 등화기의 계수($c(n)$)는 수학식 1로 표현된다.
- <35>
$$e(n) = s^*(n) - y^{*T}(n)c(n-1)$$
【수학식 1】

$$c(n) = c(n-1) + \mu e(n)y(n)$$
- <36> 여기서, $e(n)$ 은 n 이라는 순간적인 시간에서의 채널 등화기에서 이미 알고 있는 훈련신호 및 상기 채널등화기의 필터링 회로를 통과한 신호의 차이(즉, 에러)를 나타내고, $s^*(n)$ 은 계수가 갱신된 채널 등화기의 출력값, 등화된 출력값(value of equalized output)을 나타내고, y^{*T} 는 상기 채널 등화기로 입력되는 데이터를 나타내고, $y^{*T} = y^T$ 이다. y^* 는 y 의 공액 복소수를 나타내고, y^T 는 y 의 변환 행렬을 나타낸다.
- <37> 그리고, $c(n)$ 은 n 이라는 순간적인 시간에서의 탭 계수 벡터를 나타내고, $c(n-1)$ 은 갱신되기 직전의 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, μ 는 스텝 사이즈를 나타내고, $y(n)$ 은 상기 채널 등화기로 입력되는 데이터를 나타낸다.
- <38> 최소 평균자승 알고리즘을 적용하여 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 경우의 계산량(0)은 N 이다. 여기서 N 은 탭의 갯수에 비례한 계산량을 나타낸다.
- <39> 칼만 알고리즘은 빠른 수렴속도를 갖는다는 장점이 있으나, 높은 계산량과 많은 메모리 양을 가지며 발산한다는 문제점이 있다. 또한 8-VSB(Vestigial Side Band; 잔류 측파대) 시스템에 사용되는 칼만 알고리즘은 빠른 수렴특성으로 다중 경로 채널 환경에서

짧은 훈련시간동안 수렴을 보장하나 높은 계산량과 많은 메모리 양을 가지며 발산한다는 문제점이 있다.

<40> 칼만 알고리즘을 적용하는 채널 등화기의 에러($e(n)$) 및 갱신된 채널 등화기의 탭 계수($c(n)$)는 수학식 2로 표현된다.

$$\begin{aligned} K(n) &= \frac{\Phi^{-1}(n-1)y(n)}{1+y^{*T}(n)\Phi^{-1}(n-1)y(n)} \\ e(n) &= s^{*}(n)-y^{*T}(n)c(n-1) \\ c(n) &= c(n-1) + K(n)e(n) \end{aligned}$$

【수학식 2】 $\Phi^{-1} = \Phi^{-1}(n-1) - K(n)y^{*T}\Phi^{-1}(n-1)$

<42> 여기서, $K(n)$ 은 칼만 이득 벡터를 나타내고, $\Phi^{-1}(n)$ 은 n 이라는 순간적인 시간에서의 에러 코우베어리언스 매트릭스(error covariance matrix)를 나타내고, $\Phi^{-1}(n-1)$ 은 $(n-1)$ 이라는 순간적인 시간에서의 에러 코우베어리언스 매트릭스를 나타낸다.

<43> 칼만 알고리즘을 적용하여 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 경우의 계산량 (0)은 N^2 이다. 여기서 N 은 탭의 갯수에 비례한 계산량을 나타낸다.

<44> 수학식 2에 표시된 칼만 이득에서 공통된 부분(J) 및 변환식(J^T)은 수학식 3과 같다.

$$\begin{aligned} J &= \Phi^{-1}(n-1)y(n) \\ \text{【수학식 3】 } J^T &= [y^{*T}\Phi^{-1}(n-1)] \end{aligned}$$

<46> 따라서, 수학식 3을 이용하여 본 발명에 따른 채널 등화기에 적용할 수 있는 칼만 알고리즘은 수학식 4에 표시된다.

<47>

$$J = \Phi^{-1}(n-1)y(n)$$

$$K(n) = \frac{J}{1+y^{*T}(n)J}$$

$$e(n) = s^{*}(n)-y^{*T}(n)c(n-1)$$

$$c(n) = c(n-1) + K(n)e(n)$$

$$\text{【수학식 4】 } \Phi^{-1} = \Phi^{-1}(n-1) - K(n)y^{*T}J^T$$

<48>

즉, $\Phi^{-1}(n-1)y(n)$ 의 계산량이 N^2 인 경우, 수학식 2에 표시된 종래의 칼만 알고리즘을 적용하는 채널등화기의 계산량은 $3N^2$ 이다. 그러나 수학식 4에 표시된 본 발명에 따른 칼만 알고리즘을 적용하는 채널 등화기의 계산량은 N^2 및 J 를 J^T 로 한 번만 치환하면 된다. 따라서 채널 등화기의 계산량은 상당히 감소한다.

<49>

도 1a는 종래의 에러 코우베어리언스 매트릭스의 메모리 구조를 나타낸다. 도 1a를 참조하면, 종래의 채널 등화기에 적용된 에러 코우베어리언스 매트릭스($\Phi^{-1}(n)$)의 메모리 구조는 대각선을 기준으로 서로 대칭이다.

<50>

도 1b는 본 발명의 실시예에 따른 에러 코우베어리언스 매트릭스($\Phi^{-1}(n)$)의 메모리 구조를 나타낸다. 도 1b를 참조하면, 채널 등화기에 적용되고, 본 발명의 실시예에 따른 에러 코우베어리언스 매트릭스($\Phi^{-1}(n)$)의 메모리는 대각선을 기준으로 위쪽의 메모리만을 사용한다.

<51>

따라서 종래의 에러 코우베어리언스 매트릭스($\Phi^{-1}(n)$)의 메모리의 크기가 N^2 인 경우, 본 발명의 실시예에 따른 에러 코우베어리언스 매트릭스($\Phi^{-1}(n)$)의 메모리의 크기는 $0.5N^2$ 으로 감소한다.

<52>

수학식 2 및 도 1a를 적용하는 에러 코우베어리언스 매트릭스 구조를 사용하는 종래의 채널 등화기의 총 계산량이 $4N^2+7N$ 일 경우, 수학식 4 및 도 1b를 적용하는 본 발명

에 따른 에러 코우베어리언스 매트릭스 구조를 사용하는 채널 등화기의 총 계산량이 $1.5N^2+7N$ 로 감소한다.

<53> 이하에서는 수학적 식 4 및 도 1b를 적용하는 본 발명에 따른 채널 등화기의 탭 계수 갱신방법 및 탭 계수갱신회로가 설명된다.

<54> 도 2는 본 발명에 따른 채널 등화기의 블록도를 나타낸다. 도 2를 참조하면, 채널 등화기의 필터링 회로(400)는 M탭 포워드 필터(410), N탭 피드백 필터(420) 및 가산기(430)를 구비한다. 필터링 회로(400)의 구조 및 동작은 잘 알려져 있으므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.

<55> 계수 갱신회로는 감산기(500), 디코더(510), 결정회로(540), 선택회로(560), TOV(580), 수렴조사 비교기(590), 디코더(510), 훈련신호 레지스터(570) 및 갱신회로(520)를 구비한다.

<56> M탭 포워드 필터(410)는 직렬로 접속된 M개의 필터 셀들(또는 탭들)을 구비하며, M탭 포워드 필터(410)는 입력되는 데이터($y(n)$)를 상기 M개의 필터 셀들 각각에 저장하고, 상기 각각의 필터 셀에 저장된 데이터 및 대응되는 등화기 계수($c(n)$)를 곱하고, 그 결과를 가산기(430)로 출력한다.

<57> N탭 피드백 필터(420)는 직렬로 접속된 N개의 필터 셀들(또는 탭들)을 구비하며, N탭 피드백 필터(420)는 결정회로(440)의 출력신호인 계수가 갱신된 등화기의 출력값($S^*(n)$)를 상기 N개의 필터 셀들 각각에 저장하고, 상기 각각의 필터 셀에 저장된 데이터 및 대응되는 등화기 계수($c(n)$)를 곱하고, 그 결과를 가산기(430)로 출력한다.

- <58> 가산기(430)는 M탭 포워드 필터(410)의 출력신호 및 N탭 피드백 필터(420)의 출력신호를 더하고, 그 결과로서 채널 등화기의 출력신호($y^*T(n)c(n-1)$)를 결정회로 (440) 및 감산기(500)로 출력한다.
- <59> 결정회로(540)는 가산기(430)의 출력신호($y^*T(n)c(n-1)$)를 수신하고, 이를 특정한 값으로 결정하고, 그 결과로서 계수가 갱신된 등화기의 출력값($S^*(n)$), 즉 등화된 출력값($S^*(n)$)을 디코더(510)로 출력한다. 결정회로(540)는 슬라이서(slicer)로 구현될 수 있다.
- <60> MUX(560)는 제어신호(CNTR)에 응답하여 훈련신호 레지스터(570)에 저장된 훈련신호 또는 결정회로(440)의 출력신호($S^*(n)$)를 N탭 피드백 필터(420), FEC (forward error correction) 및 감산기(500)로 출력한다.
- <61> 감산기(500)는 MUX(560)의 출력신호($S^*(n)$)에서 가산기(430)의 출력신호 ($y^*T(n)c(n-1)$)를 감한 신호, 즉 에러($e(n)$)를 수렴 조사 비교기(590) 및 제3곱셈기 (5307)로 출력한다.
- <62> 수렴 조사 비교기(590)는 가시 임계값((threshold of visibility; TOV)과 감산기(500)의 출력신호($e(n)$)를 수신하고, 가시 임계값(TOV)과 에러($e(n)$)의 제곱을 비교하고, 그 비교 결과(COMO)를 디코더(510)로 출력한다.
- <63> 디코더(510)는 제어신호(CNRT)와 수렴 조사 비교기(590)의 출력신호(COMO)를 디코딩하고, 그 결과(EN/DEN)를 에러 코우베어리언스 레지스터(5201), 칼만 이득 레지스터(5203) 및 MUX(5211)로 출력한다.

- <64> 갱신회로(520)는 칼만 알고리즘을 구현한 것으로, 에러 코우베어리언스 레지스터(5201), 칼만 이득 레지스터(5203), 칼만 이득 갱신부(5205), 제1곱셈기(5207), 감산기(5209), MUX(5211), 제2곱셈기(5309), 제3곱셈기(5307), 덧셈기(5305), 계수 갱신 레지스터(5303), 및 데이터 레지스터(5313)를 구비한다.
- <65> 갱신회로(520)중에서 제2곱셈기(5309), 제3곱셈기(5307), 덧셈기(5305), 계수 갱신 레지스터(5303), 및 데이터 레지스터(5313)는 최소 평균 자승 알고리즘(LMS)을 구현할 수 있다. 즉, 부재번호 530은 최소 평균 자승 알고리즘(LMS)을 구현하기 위한 회로이다.
- <66> 에러 코우베어리언스 레지스터(5201)는 에러 코우베어리언스 메트릭스($\Phi^{-1}(n)$)를 저장하고, 칼만 이득 레지스터(5203)는 칼만이득($K(n)$)을 저장한다.
- <67> 칼만 이득 갱신부(5205)는 칼만 이득 레지스터(5203)의 출력신호($K(n)$), 에러 코우베어리언스 레지스터(5201)의 출력신호($\Phi^{-1}(n-1)$) 및 데이터 레지스터(5313)로부터 출력되는 데이터($y(n)$)에 응답하여 칼만 이득($K(n)$)을 갱신하고, 갱신된 칼만 이득($K(n)$)을 칼만 이득 레지스터(5203)로 출력한다.
- <68> 제1곱셈기(5207)는 칼만 이득 레지스터(5203)의 출력신호($K(n)$), 에러 코우베어리언스 레지스터(5201)의 출력신호($\Phi^{-1}(n-1)$) 및 데이터 레지스터(5313)로부터 출력되는 데이터($y(n)$)를 수신하고, 이들을 곱하고, 그 결과를 감산기(5209)로 출력한다.
- <69> 감산기(5209)는 에러 코우베어리언스 레지스터(5201)의 출력신호($\Phi^{-1}(n-1)$)로부터 제1곱셈기(5207)의 출력신호를 감하고, 그 결과를 에러 코우베어리언스 레지스터(5201)로 출력한다.

- <70> MUX(5211)는 디코더(510)의 출력신호(EN/DEN)에 응답하여 칼만 이득 레지스터 (5203)의 출력신호(K(n)) 또는 제2곱셈기(5309)의 출력신호를 제3곱셈기(5307)로 출력한다.
- <71> 제2곱셈기(5309)는 스텝 사이즈(μ) 및 데이터 레지스터(5313)로부터 출력되는 데이터($y(n)$)를 수신하고, 이들을 곱하고, 그 결과를 MUX(5211)로 출력한다.
- <72> 제3곱셈기(5307)는 감산기(500)의 출력신호($e(n)$) 및 MUX(5211)의 출력신호를 수신하고, 이들을 곱하고, 그 결과를 덧셈기(5305)로 출력한다.
- <73> 덧셈기(5305)는 제3곱셈기(5307)의 출력신호 및 계수 갱신 레지스터(5303)의 출력신호($c(n-1)$)를 수신하고, 이들을 더하고, 그 결과를 계수 갱신 레지스터 (5303)로 출력한다. 계수 갱신 레지스터(5303)는 덧셈기(5305)의 출력신호를 수신하여 등화기의 계수를 갱신하고, 갱신된 등화기의 계수($c(n)$)를 M탭 포워드 필터 (410) 및 N탭 피드백 필터(420)로 출력한다. 데이터 레지스터(5313)는 입력되는 데이터 ($y(n)$)를 수신하여 저장한다.
- <74> 표 1은 제어신호(CNRT)와 수렴 조사 비교기(590)의 출력신호(COMO)를 디코딩한 결과(EN/DEN)에 따른 에러 코우베어리언스 레지스터(5201), 칼만 이득 레지스터 (5203)의 동작을 나타낸다.

<75>

【표 1】

제어신호 (CNTR)	비교기출력(COMO) $((e(n))^2 < TOV)$	에러 코우베어리언스 레지스터	칼만 이득 레지스터	사용 알고리즘
훈련신호	1(수렴)	비활성화	비활성화	최소평균자승 알고리즘(LMS)
훈련신호	0(발산)	활성화	활성화	칼만 알고리즘
실제 데이터	1(수렴)	비활성화	비활성화	최소평균자승 알고리즘(LMS)
실제 데이터	0(발산)	비활성화	비활성화	최소평균자승 알고리즘(LMS)

<76> 에러의 제공이 TOV보다 작은 경우 비교기의 출력(COMO)은 1이고, 에러의 제공이 TOV보다 큰 경우 비교기의 출력(COMO)은 0이다.

<77> 디코더(510)는 제어신호(CNRT)와 수렴 조사 비교기(590)의 출력신호(COMO)를 디코딩하고, 칼만 알고리즘을 사용하여 등화기의 계수를 갱신할지 또는 최소 평균자승 알고리즘(LMS)을 사용하여 등화기의 계수를 갱신할지를 결정한다.

<78> 에러 코우베어리언스 레지스터 (5201) 및 칼만 이득 레지스터(5203)가 디코더(510)의 출력신호(EN/DEN)에 응답하여 비활성화되는 경우, MUX(5211)는 최소 평균자승 알고리즘(LMS)을 사용하여 등화기의 계수를 갱신하기 위하여 제2곱셈기 (5309)의 출력신호를 제3곱셈기(5307)로 출력한다.

<79> 그러나 디코더(510)의 출력신호(EN/DEN)에 응답하여 에러 코우베어리언스 레지스터 (5201) 및 칼만 이득 레지스터(5203)가 활성화되는 경우, MUX(5211)는 칼만 알고리즘을 사용하여 등화기의 계수를 갱신하기 위하여 칼만 이득 레지스터(5203)의 출력신호(K(n))를 제3곱셈기(5307)로 출력한다.

- <80> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 채널 등화기의 계수 갱신방법을 나타낸다. 도 2 및 도 3을 참조하여 본 발명에 따른 탭 계수 갱신 방법을 설명하면 다음과 같다.
- <81> 감산기(500)의 출력신호, 즉 에러($e(n)$)는 수학식 1 및 수학식 2에 표시된 바와 같이 가산기(또는 등화기의 출력신호; 430)의 출력신호($y^*T(n)c(n-1)$)와 MUX (560)의 출력신호($s^*(n)$), 즉 훈련신호 또는 결정회로(440)의 출력신호의 차이로 표현된다.
- <82> 우선, 수렴 조사 비교기(590)는 채널 등화기의 에러($e(n)$)가 가시 임계값 (TOV)범위내로 수렴하는지의 여부를 판단하고 (210), 그 결과(COMO)를 출력한다. 본 발명에서 수렴 조사 비교기(590)는 표 1에 표시된 바와 같이 에러($e(n)$)의 제곱이 가시 임계값 (TOV)의 범위내로 수렴하는지의 여부를 판단하고, 그 판단결과 (COMO)를 출력한다.
- <83> 에러($e(n)$)의 제곱이 가시 임계값(TOV)보다 작은 경우를 수렴한다고 가정했을 경우, 수렴 조사비교기(590)의 출력신호는 활성화(예컨대 논리 1)된다.
- <84> 채널 등화기의 에러($e(n)$)가 가시 임계값(TOV)의 범위내로 수렴하는 경우, 에러 코우베어리언스 레지스터(5210) 및 칼만 이득 레지스터(5203)는 디코더(510)의 출력신호 (EN/DEN)에 응답하여 비활성화되고, MUX(5211)는 디코더(510)의 출력신호(EN/DEN)에 응답하여 제2곱셈기(5309)의 출력신호를 제3곱셈기(5307)로 출력할 수 있다.
- <85> 즉, 갱신회로(520)는 채널 등화기의 에러($e(n)$)가 가시 임계값(TOV)의 범위내로 수렴하는 경우, 갱신회로(520)는 최소 평균 자승 알고리즘(LMS)을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신한다(240).
- <86> 도 2를 참조하면, 제2곱셈기(5309)는 스텝 사이즈(μ) 및 데이터 레지스터 (5313)로부터 출력되는 데이터($y(n)$)의 곱을 MUX(5211)로 출력하고, MUX(5211)는 디코더(510)

의 출력신호(EN/DEN)에 응답하여 제2곱셈기(5307)의 출력신호를 제3곱셈기(5307)로 출력한다. 제3곱셈기(5307)는 MUX(5211)의 출력신호 및 감산기(500)의 출력신호($e(n)$)의 곱을 덧셈기(5305)로 출력한다.

<87> 덧셈기(5305)는 계수 갱신 레지스터(5303)의 출력신호($c(n-1)$) 및 제3곱셈기(5307)의 출력신호의 합($c(n)$)을 계수 갱신 레지스터(5303)로 출력한다.

<88> 그러나, 채널 등화기의 에러($e(n)$)가 가시 임계값(TOV)의 범위내로 수렴하지 않는 경우 채널 등화기는 입력되는 제어신호(CNTR)가 훈련신호인지의 여부를 판단한다(220).

<89> 제어신호(CNTR)가 훈련신호인 경우, 갱신회로(520)는 칼만 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신한다(230).

<90> 표 1 및 도 3을 참조하면, 에러 코우베어리언스 레지스터(5210) 및 칼만 이득 레지스터(5203)는 디코더(510)의 출력신호(EN/DEN)에 응답하여 활성화되고, MUX (5211)는 디코더(510)의 출력신호(EN/DEN)에 응답하여 칼만이득 레지스터(5203)의 출력신호를 제3곱셈기(5307)로 출력할 수 있다.

<91> 제3곱셈기(5307)는 MUX(5211)의 출력신호($K(n)$) 및 감산기(500)의 출력신호 ($e(n)$)의 곱을 덧셈기(5305)로 출력한다.

<92> 덧셈기(5305)는 계수 갱신 레지스터(550)의 출력신호($c(n-1)$) 및 제3곱셈기 (5307)의 출력신호의 합($c(n)$)을 계수 갱신 레지스터(550)로 출력한다.

<93> 제어신호(CNTR)가 훈련신호가 아닌 경우(예컨대, 제어신호가 실제 데이터인 경우), 갱신회로(520)는 최소 평균 자승 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신한다(240).

<94> 최소 평균자승 알고리즘 또는 칼만 알고리즘을 통하여 등화기의 계수가 갱신된 후, 결정회로(540)는 가산기(430)의 출력신호를 수신하고, 이를 특정한 값으로 결정한다.

<95> 본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

【발명의 효과】

<96> 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 채널 등화기의 탭 계수갱신방법 및 탭 계수 갱신 회로는 칼만 알고리즘과 최소 평균 자승 알고리즘을 선택적으로 사용할 수 있으므로 칼만 알고리즘이 갖는 높은 계산량 및 발산 문제를 해결하는 장점이 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수 갱신방법에 있어서,

상기 채널등화기의 에러가 가시 임계값(threshold of visibility)의 범위내로 수렴하는지의 여부를 판단하는 단계; 및

상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하는 경우, 최소 평균 자승(least mean square; LMS) 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고,

상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하지 않는 경우, 제어신호에 응답하여 상기 최소 평균 자승 알고리즘 또는 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 탭 계수 갱신방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 수렴하는지의 여부를 판단하는 단계는,

상기 채널등화기의 에러의 제곱과 상기 가시 임계값의 대소의 여부로 판단하는 단계인 것을 특징으로 하는 탭 계수갱신방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서, 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 단계는,

상기 제어신호가 훈련신호인 경우, 상기 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고,

상기 제어신호가 상기 훈련신호가 아닌 경우, 상기 최소 평균 자승 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 탭 계수 갱신방법.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 에러는 상기 채널 등화기의 출력신호 및 훈련신호의 차이인 것을 특징으로 하는 탭 계수 갱신방법.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 에러는 상기 채널 등화기의 출력신호 및 상기 채널 등화기의 출력신호를 소정의 값으로 결정하는 결정회로의 출력신호의 차이인 것을 특징으로 하는 탭 계수갱신방법.

【청구항 6】

제1항에 있어서,

상기 최소 평균 자승 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 경우, 상기 채널 등화기의 탭 계수는 다음의 수학적식에 의하여 갱신되는 것을 특징으로 하는 탭 계수갱신방법;

$$c(n)=c(n-1)+\mu e(n)y(n)$$

여기서, $c(n)$ 은 갱신된 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, $c(n-1)$ 은 갱신되기 직전의 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, μ 는 스텝 사이즈를 나타내고, $e(n)$ 은 상기 채널 등화기의 에러를 나타내고, $y(n)$ 은 상기 채널 등화기로 입력되는 데이터를 나타낸다.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 칼만 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 경우, 상기 채널 등화기의 탭 계수는 다음의 수학식에 의하여 갱신되는 것을 특징으로 하는 탭 계수갱신방법;

$$c(n)=c(n-1)+ K(n)e(n)$$

여기서, $c(n)$ 은 갱신된 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, $c(n-1)$ 은 갱신되기 직전의 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, $K(n)$ 은 칼만이득 벡터를 나타내고, $e(n)$ 은 상기 채널 등화기의 에러를 나타낸다.

【청구항 8】

채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수 갱신회로에 있어서,

수신된 상기 채널등화기의 에러가 가시 임계값(threshold of visibility)의 범위 내에서 수렴하는지의 여부를 판단하는 수렴조사 비교기; 및

상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하는 경우, 최소 평균 자승(least mean square; LMS) 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고,

상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하지 않는 경우, 제어신호에 응답하여 상기 최소 평균 자승 알고리즘 또는 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 갱신회로를 구비하는 것을 특징으로 하는 탭 계수 갱신회로.

【청구항 9】

제8항에 있어서, 상기 갱신회로는,

상기 제어신호가 훈련신호인 경우, 상기 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고,

상기 제어신호가 상기 훈련신호가 아닌 경우, 상기 최소 평균 자승 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 것을 특징으로 하는 탭 계수 갱신회로.

【청구항 10】

제8항에 있어서,

상기 갱신회로가 상기 최소 평균 자승 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 경우, 상기 채널 등화기의 탭 계수는 다음의 수학식에 의하여 갱신되는 것을 특징으로 하는 탭 계수 갱신회로;

$$c(n)=c(n-1)+\mu e(n)y(n)$$

여기서 $c(n)$ 은 갱신된 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, $c(n-1)$ 은 갱신되기 직전의 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, μ 는 스텝 사이즈를 나타내고, $e(n)$ 은 상기 채널 등화기의 에러를 나타내고, $y(n)$ 은 상기 채널 등화기로 입력되는 데이터를 나타낸다.

【청구항 11】

제8항에 있어서,

상기 갱신회로가 상기 칼만 알고리즘을 적용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는, 상기 채널 등화기의 탭 계수는 다음의 수학식에 의하여 갱신되는 것을 특징으로 하는 탭 계수갱신방법;

$$c(n)=c(n-1)+K(n)e(n)$$

여기서 $c(n)$ 은 갱신된 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, $c(n-1)$ 은 갱신되기 직전의 상기 채널 등화기의 탭 계수 벡터를 나타내고, $K(n)$ 은 칼만이득 벡터를 나타내고, $e(n)$ 은 상기 채널 등화기의 에러를 나타낸다.

【청구항 12】

채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수갱신회로에 있어서,

상기 채널등화기의 출력신호를 소정의 값으로 결정하는 슬라이서;

제어신호에 응답하여 상기 탭 계수가 갱신된 상기 채널 등화기의 출력신호로서 상기 슬라이서의 출력신호 또는 훈련신호를 출력하는 선택회로;

상기 선택회로의 출력신호로부터 상기 채널등화기의 출력신호를 감하는 감산기;

가시 임계값 및 상기 감산기의 출력신호를 비교하고, 그 비교결과를 출력하는 수렴조사 비교기;

상기 제어신호 및 상기 수렴조사 비교기의 비교결과를 디코딩하고, 디코딩된 신호를 출력하는 디코더; 및

상기 디코더의 출력신호에 응답하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 갱신회로를 구비하며,

상기 갱신회로는,

상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하는 경우 최소 평균 자승 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고,

상기 에러가 상기 가시 임계값의 범위내에서 수렴하지 않고 상기 제어신호가 훈련신호인 경우 상기 칼만 알고리즘을 이용하여 상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하고,

상기 제어신호가 상기 훈련신호가 아닌 경우 상기 최소 평균 자승 알고리즘을 이용하여
상기 채널 등화기의 탭 계수를 갱신하는 것을 특징으로 하는 탭 계수 갱신회로.

【도면】

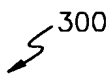
【도 1a】

P_1	a	b	c
a	P_2	d	e
b	d	P_3	f
c	e	f	P_4

【도 1b】

P_1	a	b	c
	P_2	d	e
		P_3	f
			P_4

【도 2】



【도 3】

